

Joonas Toivonen

Akselisorvauksen koneistusaikalaskurin laatiminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Insinöörityö

6.5.2015

Tekijä Otsikko	Joonas Toivonen Akselisorvauksen koneistusaikalaskurin laatiminen
Sivumäärä Aika	26 sivua + 2 liitettä 6.5.2015
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Tuotantotekniikka
Ohjaajat	Myyntijohtaja Petri Parni Lehtori Markku Saarnio
<p>Opinnäytetyö tehtiin Fortaco Oy:n toimeksiantona. Fortaco Oy on saanut alkunsa Komas Oy:n ja Rautaruukki Engineeringin yhteenliittymästä vuonna 2012. Yrityksen toimialaan kuuluvat koneistus, kokoonpano ja komponenttivalmistus.</p> <p>Työn tarkoituksena oli laatia koneistusaikalaskuri tarjouslaskennan käyttöön. Laskurin tavoitteena oli parantaa tarjouslaskennan ja asiakaspalvelun laatua, sekä vähentää tarjouslaskentaan kuluva aikaa. Tarjouslaskennan nykytilanne kartoitettiin haastattelemalla Fortaco Oy:n työntekijöitä Sastamalan koneistamolla. Ennen työn aloittamista kartoitettiin laskurin kannalta kolmen tärkeimmän asiakkaan tilauskannan rakenne.</p> <p>Tuloksena oli tarjouslaskennan apuvälineeksi kehitetty koneistusaikalaskuri. Koneistusajan laskentaan tehdyn laskurin on tarkoitus palvella tarjouslaskentaa koneistusajan määrittämisessä tarjousta laatiessa. Laskurin toteutustavaksi valittiin Microsoft Excel -taulukkolaskentaohjelma. Tarkoitus on laskea sorvauksen, kiilauran jysynnän, porauksen, syväporauksen ja hionnan työstöajat. Koneistuksessa työstöaikaan vaikuttavia tekijöitä ovat lastuamisnopeus, syöttö, lastun paksuus ja työstettävä materiaalmäärä.</p> <p>Laskuriin on valmiiksi määritelty kunkin työstömenetelmän työstöarvot. Laskurin on tarkoitus laskea sellaisten akselien koneistusajat, joiden pituus on alle 1,5 metriä.</p> <p>Koneistusaikalaskuri on ollut Fortacon käytössä 24.2.2015 lähtien ja sen on todettu vähentäneen tarjouslaskentaan kuluva aikaa ja parantaneen tarjouslaskennan ja asiakaspalvelun laatua.</p>	
Avainsanat	tarjouslaskenta, koneistusaikalaskuri, työstöaika, funktio

Author(s) Title	Joonas Toivonen Machining Time Calculator for Offer Calculation
Number of Pages Date	26 pages + 2 appendices 6 May 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Degree Programme in Mechanical Engineering
Specialisation option	Production Engineering
Instructor(s)	Petri Parni, Sales Director Markku Saarnio, Lecturer
<p>This Bachelor's thesis was commissioned by Fortaco Oy. Fortaco Oy was established when Komasa Oy and Rautaruukki Engineering merged in the year 2012. The company's core businesses are machining, assembly and component manufacturing.</p> <p>The main purpose of the Bachelor's thesis was to develop and create a machining time calculator for offer calculation. The goal of the machining time calculator was to improve the quality of offer calculations and customer service and also reduce the working time in offer preparation. The present status of offer calculation was surveyed by interviewing Fortaco's employees in Sastamala machinery plant. Before the thesis was started, the structure of three most important customers' order portfolios was mapped out from the calculator's point of view.</p> <p>As a result, a machining time calculator was designed for offer calculation. The calculator made for machining time calculation is meant to serve as a tool in offer calculation to determine the machining time in offer preparation. Microsoft Excel was chosen as the main method to create the calculator. The machining time calculator's purpose is to calculate the machining time in turning, key groove milling, drilling, deep drilling and grinding. Factors which affect the machining time are as follows: cutting speed, feed rate, depth of cut and the amount of working material.</p> <p>The machining parameters of each working method are already defined by the machining time calculator. The calculator has been designed for calculating the machining time for shafts which are under 1.5 meters long.</p> <p>The calculator has been in Fortaco's use since 24 February 2015. It has been discovered that it has reduced time in offer preparation and improved the quality of offer calculations and customer service as well.</p>	
Keywords	offer calculation, machining time calculator, machining time, function

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Fortaco Oy	2
2.1	Toiminta	2
2.2	Palvelut	2
3	Tutkimuksen tavoitteet	3
4	Tarjouslaskennan nykytila	4
5	Akselisorvauksen kustannuslaskenta ja työstöajan määrittäminen	4
6	Erilaisten akselityyppien tunnistaminen nykyisestä akseliportfoliosta	5
7	Koneistusaikalaskuri ja sen rakenne	6
7.1	Laskurille asetetut vaatimukset ja käyttöliittymä	7
7.2	Syöttöparametrien ja laskentafunktioiden määrittäminen	8
7.3	Massalaskuri	9
7.4	Hionta	10
7.5	Päätyreikien poraus	11
7.6	Syväporaus	11
7.7	Kiilauran jyrsintä	12
7.8	Sisäsorvaus	13
7.9	Kokonaiskoneistusajan laskeminen	14
8	Työstöaikaan vaikuttavat tekijät	14
9	Laskurin ja CAM-simuloinnin vertailu	15
9.1	Sorvaus	17
9.2	Jyrsintä	19

10	Laskurin laatimisen haasteet	20
10.1	Option buttons	21
10.2	Check boxes	22
10.3	Makrot	22
10.4	Reset -nappi	23
11	Laskurin jatkokehitys ja muut sovellukset	24
12	Yhteenveto	25
	Lähteet	26
	Liitteet	
	Liite 1. Koneistusaikalaskurin käyttöliittymä	
	Liite 2. Sandvik Coromant laskukaavat	

Lyhenteet

CAD: Computer Aided Design

CAM: Computer Aided Manufacturing

Excel VBA: Excel Visual Basic for Applications

Lean System: Tieto Oy:n kehittämä toiminnanohjausjärjestelmä yrityksille

Sandvik Coromant: Sandvik Groupin nimike lastuaville tuotteille

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli laatia Fortaco Oy:lle tarjouslaskennan tehostamiseksi koneistusaikalaskuri.

Fortaco Oy:n ongelmana on ollut tarjouslaskentaan kuluva aika. Laskennan osuus tuotteen valmistuskustannuksista on ollut liian suuri. Tarjouslaskennan käyttöön tilatun koneistusaikalaskurin on tuotettava nopeasti mahdollisimman realistista tietoa akselikonistuksen työstäjoista. Koneistusaikalaskurin tavoite on vähentää tarjouslaskentaan kuluvaä aikaa ja parantaa asiakaspalvelun laatua.

Koneistusaikalaskuri käsittelee umpi- ja putkiakseleita, joissa ei ole ylimääräisiä laippoja tai monimutkaisia jysintöjä. Sorvauksen lisäksi laskuri käsittelee reikäpiirin porauksen, syväporauksen, kiilauran jysinnan ja hionnan. Tarjouslaskija voi syöttää laskuriin itse asetusajat, sillä ne voivat vaihdella koneistamon hetkellisen tehokkuuden ja kuormituksen mukaan.

Tässä opinnäytetyössä kuvataan koneistusaikalaskurin laatimisprosessia ja sen aikana esiin tulleita haasteita sekä esitellään valmis tuote.

2 Fortaco Oy

2.1 Toiminta

Fortaco Group on yksi Euroopan suurimmista puhtaasti sopimusvalmistukseen keskittyvistä yrityksistä, jonka toimialaan kuuluvat koneistus, kokoonpano ja komponenttivalmistus. Fortaco Oy on saanut alkunsa Komas Oy:n ja Rautaruukki Engineeringin yhteenliittymästä vuonna 2012. Fortacosta yli 80 % on CapMan-sijoitusyhtiön ja yksityisten sijoittajien omistuksessa ja alle 20 % Rautaruukin omistuksessa. Fortaco Oy:n nettomyynti oli 216 milj. € vuonna 2013 ja yritys työllisti noin 2300 työntekijää. [This Is Fortaco 2015.]

Fortacon tavoitteena on luotettavana kumppanina auttaa asiakkaitaan löytämään uusia ja tehokkaita ratkaisuja heidän arvoketjuunsa alkaen suunnittelusta aina hitsaukseen, koneistukseen ja loppukokoonpanoon asti. Tämä auttaa asiakkaita maa- ja metsätaloudessa, rakennusteollisuudessa, energiateollisuudessa, materiaalinkäsittelyteollisuudessa, kaivostoiminnassa ja muilla liiketoiminnan alueilla keskittymään liiketoiminnan arvon maksimoimiseen. [This Is Fortaco 2015.]

2.2 Palvelut

Fortaco on jaettu kolmeen liiketoimintayksikköön, jotka tarjoavat koneistus-, kokoonpano-, ja komponentinvalmistuspalveluita.

Koneistus:

Koneistuspalvelut tuottavat koneistamalla prismaattisia kappaleita, akseleita, laippoja, profiileja ja tankoja. Muita koneistukseen liittyviä palveluita ovat luokitus-, dokumentointi- ja testauspalvelut, automatisoidut valmistusprosessit, ei-rikkovat aineenkoetusmenetelmät, CAM-ohjelmointi ja 3D-mittaus. Koneistukset tehdään pääasiassa Sastamalan ja Härmän tehtailla. [Machining 2015.]

Komponentinvalmistus:

Komponentinvalmistus valmistaa komponentteja, joiden massa vaihtelee 100 kg:sta 80 000 kg:aan. Komponentit valmistetaan joko yksittäistuotteina tai sarjatuotantona. Tuotteet valmistetaan modernilla kalustolla ja automaattihitsausta hyväksikäyttäen. Valmistusprosesseissa käytetään myös 3D-mittauslaitteistoa, NDT-aineentarkastusmenetelmiä ja viimeisimpiä pintakäsittelymenetelmiä. Tuotteet valmistetaan ISO 3842 -sertifioitujen prosessien mukaisesti. Fortacon komponenttivalmistus tarjoaa laajan skaalan erilaisia komponentteja, kuten esimerkiksi koneiden runkoja, puomeja ja koteloita. Komponentit valmistetaan Sepänkylän, Kalajoen, Narvan, Janow Lubelskin, Jaszberenyn ja Wroclawn tehtailla. [Component 2015.]

Kokoonpano:

Fortaco tarjoaa asiakkailleen myös kokoonpanopalveluita, jotka sisältävät loppukokoonpanon ja varusteiden lopputestauksen. Suorite voi olla myös alikokoonpanon valmistus kuten esimerkiksi voimalähteiden, puomien, ja hyttien tai muun funktionaalisen yksikön kokoonpano. Fortacon kokoonpanopalvelut tarjoavat myös materiaalien hankinta-, konseptisuunnittelu- ja testauspalveluita. Kokoonpanotyöt suoritetaan Sastamalan, Kurikan ja Holicin tehtailla. [Assembly 2015.]

3 Tutkimuksen tavoitteet

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, miten koneistusaikaa voitaisiin helposti laskea erityyppisille akseleille ja miten data olisi helposti yrityksen tarjouslaskennan käytössä tarjouksen valmisteluvaiheessa. Myyntijohtaja Petri Parnin mukaan Fortacon ongelmana on ollut saada pienistä ja keskikokoisista akseleista taloudellisesti kannattavia, sillä tarjouslaskennalla ei ole ollut riittävästi tietoa todellisista koneistus- ja hioma-ajoista. Tutkimuksen tuloksena oli määrä valmistaa nykyisille käytössä oleville akselikoneistusmenetelmille koneistusaikalaskuri tarjouslaskennan käyttöön. [Parni 2015.]

Koneistusajan määrittämiseksi ei vielä ole olemassa muita vaihtoehtoja, kuin CAM-simulaation tekeminen koneistettavasta tuotteesta. CAM-simulaatioiden tekeminen jokaisesta tarjouspyynnön mukaisesta akselistä vie liikaa aikaa, eikä tarjouslaskennalla ole tietotaitoa CAM-simulaatioiden suorittamiseksi. Vastaavia kaupallisia laskureita ei tämän tutkimuksen aikana ollut saatavilla.

4 Tarjouslaskennan nykytila

Opinnäytetyön alkuvaiheessa tarjouslaskenta on tehnyt tarjoukset akseleista asiakkaille sen tiedon perusteella, kuinka paljon aikaa on vaatinut aikaisemmin koneistaa vastaavan kaltainen akseli. Koneistusajat on haettu Lean-järjestelmästä ja asiakkaan CAD-kuvan perusteella on arvioitu suurpiirteisesti, kuinka kauan kestää kyseisten piirteiden koneistaminen. Nykyään vallitsevilla menetelmillä lasketut tarjoukset akseleille eivät ole tuottaneet yritykselle katetta ja myydyistä akseleista on tullut jopa tappiota. Tarjouslaskenta ei ole voinut toimia tehtävissään ilman työstömenetelmiä tuntevan henkilön apua, mikä on turhaan kuormittanut CAM ohjelmoijaa. [Mustonen 2015.]

5 Akselisorvauksen kustannuslaskenta ja työstöajan määrittäminen

Akselisorvauksen kustannukset määräytyvät pääasiassa asetusaikojen ja kiinteiden kustannuksien mukaan [Parni 2015].

Fortacon Sastamalan koneistamolla CAM-ohjelmoija Vesa Mustosen mukaan suurin ongelma tarjouksen laskemisessa on tietämättömyys akseleiden hioma-ajoista. Tarjous on laskettava käyttäen apuna asiakkaan antamaa kuvaa ja Lean-järjestelmän mukaisia koneistusaikoja aikaisemmin valmistetuille akseleille. Hionnalle ei ole voitu tähän asti antaa mitään tarkkaa aikaa, vaan aika on pitänyt arvioida karkeasti tunnin tarkkuudella. [Mustonen 2015.]

Työstöaika määrittyy sen mukaan, mitä piirteitä akseliin täytyy koneistaa ja mistä materiaalista akseli valmistetaan. Jokainen akseli rouhitetaan ja viimeistellään. Lisäpiirteet kuten kiilaurat, päätyreiät, syväporaus, hionta ja lisäjärsinnät määräytyvät tapauskohtaisesti. [Mustonen 2015.]

6 Erilaisten akselityyppien tunnistaminen nykyisestä akseliportfoliosta

Ennen työn aloittamista Petri Parni halusi, että Fortacon nykyisen akseliportfolion rakenne selvitetään. Selvityksen tuloksena saatiin tiedot siitä, kuinka monta prosenttia kolmen eri asiakkaan tilauskannasta koneistusaikalaskurilla pystyy käsittelemään ja millaista akselityyppistä asiakkaiden tilauskanta koostuu.

Akseliportfolion akselit jaettiin kuuteen eri pääryhmään niiden pääpiirteiden perusteella:

1. Suorat kytkentäakselit
2. Hammastetut akselit
3. Putkiakselit
4. Laipat
5. Yhdistelmäakselit (vaativia ja monimutkaisia koneistuksia tai edellisten yhdistelmiä)
6. Laipalliset akselit

Akselityypit jakautuivat eri asiakkaiden välillä taulukon 1 mukaisesti.

Taulukko 1. Akselityyppien jakauma kolmella eri asiakkaalla

Asiakas	Kytkeäskelit (%)	Hammastetut akselit (%)	Putkiakselit (%)	Laipat (%)	Yhdistelmäakselit (%)	Laipalliset akselit (%)
1.	<u>78,8</u>	1,7	11,8	2,3	4,5	0,9
2.	<u>50,6</u>	6,2	35,8	1,2	6,2	0
3.	<u>46,7</u>	2,0	34,8	0	11,5	4,9

Taulukon 1 tuloksista voidaan havaita, että asiakkaiden tilauskanta koostuu pääasiassa suorista kytkeäakseleista ja putkiakseleista. Koneistusaikalaskurin on tarkoitus kattaa juuri kyseiset akselityypit. Muunlaiset akselitarjoukset on edelleen laskettava ja arvioitava manuaalisesti.

7 Koneistusaikalaskuri ja sen rakenne

Koneistusajan laskentaan tehdyn laskurin on tarkoitus palvella tarjouslaskentaa koneistusajan määrittämisessä tarjousta laatiessa. Tarjouslaskijan ei tarvitse enää tietää niin paljon koneistusmenetelmistä ja työstöajoista, sillä laskuriin on valmiiksi määritetty kunkin työstömenetelmän työstöarvot. Laskurin on tarkoitus laskea sellaisten akselien koneistusajat, joiden pituus on alle 1,5 m. Työstöarvot määriteltiin käyttämällä Sandvikin teräluettelon ohjetyöstöarvoja käytössä oleville terille.

7.1 Laskurille asetetut vaatimukset ja käyttöliittymä

Työstöaikalaskurin tuli olla helppo käyttää ja yrityksen muokattavissa tarpeen mukaan. Laskurin tuli tuottaa aikatietoa, joka ei ole riippuvaista koneistajasta tai työstökoneen asettamista rajoitteista. Tarjouslaskurin toteutustavaksi valittiin Microsoft Excel -taulukkolaskentaohjelmalla tehtävä käyttöliittymä, johon syötetään tarvittavat parametrit työstöajan määrittämiseksi. Käytetyt laskentafunktiot suoritetaan syöttämällä työstettävän akselin tiedot etusivulle tehtyyn taulukkoon. Toiselle sivulle on rakennettu Sandvikin koneistuslaskukaavoja käyttävät funktiot ja loogiset testit, jotka laskevat annettujen parametrien mukaisesti työstöajan akselin koneistamiseksi.

Kuva 1. Koneistusaikalaskurin taulukko akselin perustietojen syöttöä varten

Rouhintasorvauksen koneistusajan laskenta perustuu poistettavan aineen massan määrään. Laskemalla rouhinta-aika massanpoiston avulla voidaan akselin muoto jättää huomioimatta. Massanpoistoon perustuva laskenta tarvitsee alkutiedoiksi aihion massan, valmiin akselin massan ja rouhinnan työstöarvot, joista voidaan laskea lastuvirta ja työstöaika. Aihion tiedot ja rouhinnan työstöarvot syötetään kuvan 1 mukaiseen kenttään. Viimeistelyn työstöaika päätettiin lisätä sorvausaikaan kertoimella, sillä viimeistelylle ei voitu määritellä yleisesti pätevää laskusääntöä.

Akselin tiedot (valmiin massa tiedossa) (luvun oltava > 0):

Aihion halkaisija:	<input type="text" value="0,00"/>	mm
Aihion pituus:	<input type="text" value="0,00"/>	mm
Valmiin massa (laskuri):	<input type="text" value="0,00"/>	kg
Valmiin massa (jos tiedossa):	<input type="text" value="0,00"/>	kg
Eräkkö:	<input type="text" value="0"/>	kpl
Työstöarvot:		
	Vc	<input type="text" value="200,00"/> m/min
Rouhinta:	Fn	<input type="text" value="0,50"/> mm/n
	Ap	<input type="text" value="5,00"/> mm
Asetusaika:	At	<input type="text" value="40"/> min
Viimeistelykerroin:	Vk	<input type="text" value="1,05"/> (1,05)
Sorvausaika:	<input type="text" value="0,00"/>	min

Kuva 1. Koneistusaikalaskurin taulukko akselin perustietojen syöttöä varten

7.2 Syöttöparametrien ja laskentafunktioiden määrittäminen

Vaadittavien syöttöparametrien selvittämiseksi on tunnettava koneistustekniikkaan liittyvät työstömenetelmät ja kaikki työvaiheet akselin koneistuksessa koko valmistusketjussa. Koneistusaikalaskurin laatimiseksi on tekijän aikaisemmasta koneistuskokemuksesta ollut merkittävä apu laskurin syöttöparametrien määrittämisessä.

Koneistusaikalaskuri perustuu yleisesti tunnettujen koneistuslaskukaavojen käyttöön. Sandvik Coromant tarjoaa kotisivuillaan yleisesti kaikkiin eri koneistusmenetelmiin tarvittavia laskukaavoja, joita myös tässä koneistusaikalaskurissa on käytetty.

Sandvikin laskukaavat toimivat pohjana koneistusajan laskemisessa. Laskurin automatisoimiseksi taustafunktioihin piti kirjoittaa lukuisia erityyppisiä loogisia testejä, jotka an-

tavat taustalla tarkkaa tietoa koneistuslaskuja varten laskurin käyttäjän valintojen perusteella. Tarkat laskuparametrit pysyvät laskurissa toisella sivulla poissa näkyvistä, sillä laskurin käyttäjälle nämä tiedot eivät ole oleellisia. Loogisia testejä ja funktioita Fortaco ei halua julkistaa.

7.3 Massalaskuri

Usein Fortacolle lähetetään tarjouspyyntöjä sellaisilla piirustuksilla, joissa ei ole ilmoitettu valmiin akselin massaa. Tämän ongelman poistamiseksi koneistusaikalaskuriin on tehty akselin massan määrittämiseksi kuvan 2 mukainen laskin. Laskimeen ilmoitetaan akselin materiaali, erillisten kaulojen halkaisija ja pituus. Tuloksena saatavaa massaa laskuri käyttää automaattisesti rouhinta-ajan laskemiseen. Samaa taulukkoa käytetään myös hionta-ajan laskemiseen.

Massa-/hionta-aikalaskuri (luvun oltava > 0):

D1	<input type="text" value="0,00"/>	L1	<input type="text" value="0,00"/> mm	<input type="checkbox"/> Hionta
D2	<input type="text" value="0,00"/>	L2	<input type="text" value="0,00"/> mm	<input type="checkbox"/> Hionta
D3	<input type="text" value="0,00"/>	L3	<input type="text" value="0,00"/> mm	<input type="checkbox"/> Hionta
D4	<input type="text" value="0,00"/>	L4	<input type="text" value="0,00"/> mm	<input type="checkbox"/> Hionta
D5	<input type="text" value="0,00"/>	L5	<input type="text" value="0,00"/> mm	<input type="checkbox"/> Hionta
D6	<input type="text" value="0,00"/>	L6	<input type="text" value="0,00"/> mm	<input type="checkbox"/> Hionta
D7	<input type="text" value="0,00"/>	L7	<input type="text" value="0,00"/> mm	<input type="checkbox"/> Hionta
D8	<input type="text" value="0,00"/>	L8	<input type="text" value="0,00"/> mm	<input type="checkbox"/> Hionta
D9	<input type="text" value="0,00"/>	L9	<input type="text" value="0,00"/> mm	<input type="checkbox"/> Hionta
D10	<input type="text" value="0,00"/>	L10	<input type="text" value="0,00"/> mm	<input type="checkbox"/> Hionta

Sisäpuoliset reiät:

D1	<input type="text" value="0,00"/>	L1	<input type="text" value="0,00"/> mm
D2	<input type="text" value="0,00"/>	L2	<input type="text" value="0,00"/> mm
D3	<input type="text" value="0,00"/>	L3	<input type="text" value="0,00"/> mm
D4	<input type="text" value="0,00"/>	L4	<input type="text" value="0,00"/> mm
D5	<input type="text" value="0,00"/>	L5	<input type="text" value="0,00"/> mm

Kuva 2. Massa/hiontalaskuri

7.4 Hionta

Tarjouslaskennalla ei ole ollut käytettävissä tietoa hionnasta tarjousta laatiessa. Tietoa hionnasta oli kerättävä kellottamalla erityyppisiä akseleita eri hiomakoneilla. Kerätyn datan perusteella pystyttiin määrittämään keskimääräinen hionta-aika hiottavaa pinta-alaa kohden (min/mm^2). Saatua parametria käytetään laskurin taustafunktioissa hionta-ajan laskentaan. Hiontaparametreja voi muuttaa kuvan 3 harmaalla alueella sijaitsevaan ruudukkoon.

Sisäpuoliset reiät:

D1	<input type="text" value="0,00"/>	L1	<input type="text" value="0,00"/>	mm
D2	<input type="text" value="0,00"/>	L2	<input type="text" value="0,00"/>	mm
D3	<input type="text" value="0,00"/>	L3	<input type="text" value="0,00"/>	mm
D4	<input type="text" value="0,00"/>	L4	<input type="text" value="0,00"/>	mm
D5	<input type="text" value="0,00"/>	L5	<input type="text" value="0,00"/>	mm
D6	<input type="text" value="0,00"/>	L6	<input type="text" value="0,00"/>	mm

Massa: kg
Hionta: min

Hiontaparametrit

Alkuasetusaika:	<input type="text" value="8"/>	min
Loppuasetusaika:	<input type="text" value="16"/>	min
Pistohionta-aika:	<input type="text" value="5"/>	min

Kuva 3. Massa/hiontalaskurin putkiakselin tietojen syöttökenttä, tulosruudut ja hionnan säätöparametrit

7.5 Päätyreikien poraus

Akseleiden päähän porataan usein kierteellisiä reikiä, joiden määrä vaihtelee 1 - 32kpl. Reikien porausaika lasketaan kuvan 4 mukaisella laskurilla. Työstöajan laskemiseksi on laskimeen syötettävä reikien lukumäärä, halkaisija ja pituus. Kierteitettyjen reikien laske-
miseksi on ilmoitettava myös kierteen koko ja pituus. Laskurin käyttäjän on mahdollista muuttaa työstöarvoja, jos työkalut ja työstöarvot muuttuvat.

☐ Päätyreijät

lkm kpl Kierre (M)

D mm Kierteen H mm

H mm

Vc U-pora (D>17.5)	70	m/min
Vc kovam. (D<17.5)	70	m/min
Fn U-pora (D>17.5)	0,1	mm/kierr.
Fn kovam. (D<17.5)	0,1	mm/kierr.
Vc kierteitys	8	m/min
Pikaliikekerroin	1,01	

Koneistusaika: min

Kuva 4. Reikäpiirin porauksen koneistusaikalaskuri

7.6 Syväporaus

Vesa Mustosen mukaan syvien reikien poraus on hankala työvaihe ja usein epäonnistuu työkalun rikkoontumisen takia. Syväporauksessa työstöarvot ovat paljon pienemmät kuin normaalissa porauksessa. Reikien syvyys on usein 200 – 1 000 mm reiän halkaisijan ollessa 10 – 30 mm. Tällaiset olosuhteet vaativat paljon työstöaikaa ja usein myös oman työstökoneen. Työstökoneen vaihto lisää asetus aikaa, jonka laskuri ottaa huomioon työstöaikaa laskettaessa. Syväporauksen työstöaika lasketaan kuvan 5 mukaisella laskurilla. Alkutiedoksi tarvitaan yksittäisten reikien halkaisijat ja pituudet. Työstöarvot ovat laskimen käyttäjän muokattavissa ja yhdelle akselille voidaan antaa kerrallaan viiden eri reiän tiedot. [Mustonen 2015.]

☐ Syväporaus

D1	<input type="text" value="0,00"/>	H1	<input type="text" value="0,00"/>	mm
D2	<input type="text" value="0,00"/>	H2	<input type="text" value="0,00"/>	mm
D3	<input type="text" value="0,00"/>	H3	<input type="text" value="0,00"/>	mm
D4	<input type="text" value="0,00"/>	H4	<input type="text" value="0,00"/>	mm
D5	<input type="text" value="0,00"/>	H5	<input type="text" value="0,00"/>	mm

Vc	<input type="text" value="15"/>	m/min
Vf	<input type="text" value="40"/>	mm/min
Asetusaika	<input type="text" value="30"/>	min

Koneistusaika: min

Kuva 5. Syväporauksen koneistusaikalaskuri

7.7 Kiilauran jyrsintä

Kiilauran jyrsintä kuuluu lähes jokaisen akselin valmistukseen. Jyrsintä on suurilla uraleveyksillä paljon aikaa vievä toimenpide. Kiilauran jyrsintäajan mallintaminen ilman CAM-simulaatiota on haasteellista, sillä muuttuvia parametreja on vaikea hallita ja ottaa huomioon säilyttäen laskurin automaattisuusaste mahdollisimman korkeana. Tavoitteena oli saada laskettua jyrsintäaikaa mahdollisimman tarkasti ja vain tarvittavalla tietomäärällä.

Kiilauran koneistusaika lasketaan kuvan 6 mukaisella jyrsintäaikalaskurilla. Laskuri laskee koneistusajan standardikoon kiilaurille laskien taustalla uran syvyyden perusteella tarvittavien syvyys- ja levityslastujen määrän. Laskuriin on syötetty taustalle tiedot millaiset työkalut on käytössä kunkin kokoisen kiilauran koneistamiseksi. Työkalutietoja käytetään työstöajan määrittämiseksi annetuilla työstöarvoilla.

Kiilauran jyrinnässä ei ole otettu huomioon akselin suhteen poikittaissuunnassa kulkevia työstöratoja, sillä niiden merkitys kokonaistyöstöaikaan ei ole merkittävä laskurin yleistarkkuuteen nähden. Lisäksi koneistajasta riippuen kiilaura voidaan jyrsiä niin monella eri työstöratamuodolla, ettei niiden mallintaminen ole mahdollista ilman CAM-simulaatiota.

☐ Kiilaura

W1	<input type="text" value="0"/>	L1	<input type="text" value="0,00"/>	=	<input type="text" value="0"/> min
W2	<input type="text" value="0"/>	L2	<input type="text" value="0,00"/>	=	<input type="text" value="0"/> min
W3	<input type="text" value="0"/>	L3	<input type="text" value="0,00"/>	=	<input type="text" value="0"/> min
W4	<input type="text" value="0"/>	L4	<input type="text" value="0,00"/>	=	<input type="text" value="0"/> min
W5	<input type="text" value="0"/>	L5	<input type="text" value="0,00"/>	=	<input type="text" value="0"/> min
W6	<input type="text" value="0"/>	L6	<input type="text" value="0,00"/>	=	<input type="text" value="0"/> min

Työstöarvot:

Ap	<input type="text" value="5"/> mm
Vc	<input type="text" value="50"/> m/min
Fn	<input type="text" value="0,1"/> mm/kierr.

Koneistusaika: min

Kuva 6. Kiilauran koneistusaikalaskuri

7.8 Sisäsorvaus

Sisäsorvauksen koneistusaika lasketaan kuvan 7 mukaisella massanpoistoon perustuvalla menetelmällä. Sisäsorvauksen laskurissa ilmoitetaan erillisten lieriömäisten osuuk-sien halkaisija ja pituus, joiden perusteella laskuri laskee poistettavan massan.

☐ Sisäsorvaus

Massan poisto

D1	<input type="text" value="0"/>	L1	<input type="text" value="0"/> mm	<input type="text" value="0,00"/> kg
D2	<input type="text" value="0"/>	L2	<input type="text" value="0"/> mm	
D3	<input type="text" value="0"/>	L3	<input type="text" value="0"/> mm	
D4	<input type="text" value="0"/>	L4	<input type="text" value="0"/> mm	
D5	<input type="text" value="0"/>	L5	<input type="text" value="0"/> mm	

Vc	<input type="text" value="180"/> m/min
Fn	<input type="text" value="0,3"/> mm/n
Ap	<input type="text" value="3"/> mm

Koneistusaika:

Kuva 7. Sisäsorvauksen koneistusaikalaskuri

7.9 Kokonaiskoneistusajan laskeminen

Laskuri summaa kaikkien laskurien koneistusajat yhteen ja näyttää punaisella kentällä kokonaiskoneistusajan. Laskuri ei ota kyseistä lisäkoneistuskenttää huomioon, jos kyseisen laskuriruudun ylänurkassa ei ole rastia. Hiottavien kaulojen kohdalla on myös oltava rasti massa/hiontalaskurissa, jotta kokonaiskoneistusaikaan sisältyy myös kyseisten kaulojen hionnat. Kokonaistyöstöaika tarjouslaskija voi käyttää tarjouksen laatimisessa.

8 Työstöaikaan vaikuttavat tekijät

Koneistuksessa työstöaikaan vaikuttavia tekijöitä ovat leikkuunopeus, syöttö, lastun paksuus ja työstettävä materiaalmäärä. Koneistusaikalaskurissa ajan laskenta perustuu näihin neljään muuttujaan. Materiaalin muuttuminen on huomioitu materiaalikertoimella, niissä toiminnoissa, joissa materiaalin muutos vaikuttaa oleellisesti koneistusaikaan. Hionnassa käytetään teräkselle ja nuorrutusteräksille samoja työstöarvoja.

Lastuamisnopeus:

Leikkuunopeudella tarkoitetaan sitä nopeutta, kuinka nopeasti työkalu etenee työstettävän kappaleen pinnalla metreinä minuutissa (m/min).

Syöttö:

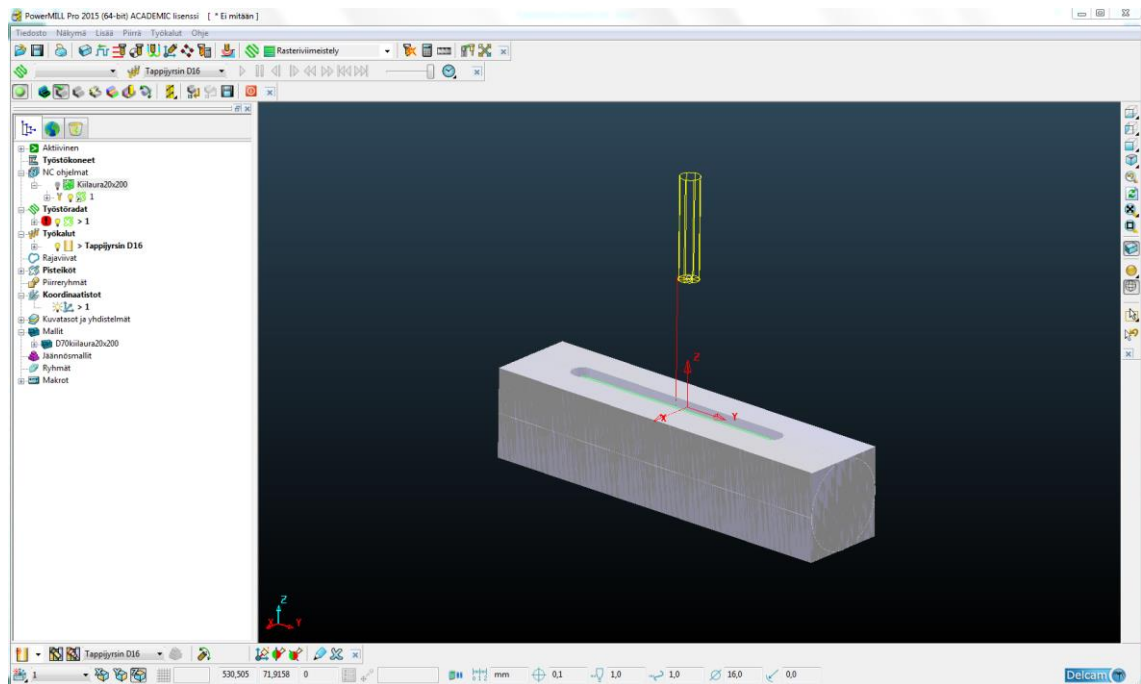
Sorvauksessa syöttö tarkoittaa terän etenemää matkaa millimetreinä yhden kierroksen aikana (mm/r).

Lastuamissyvyys:

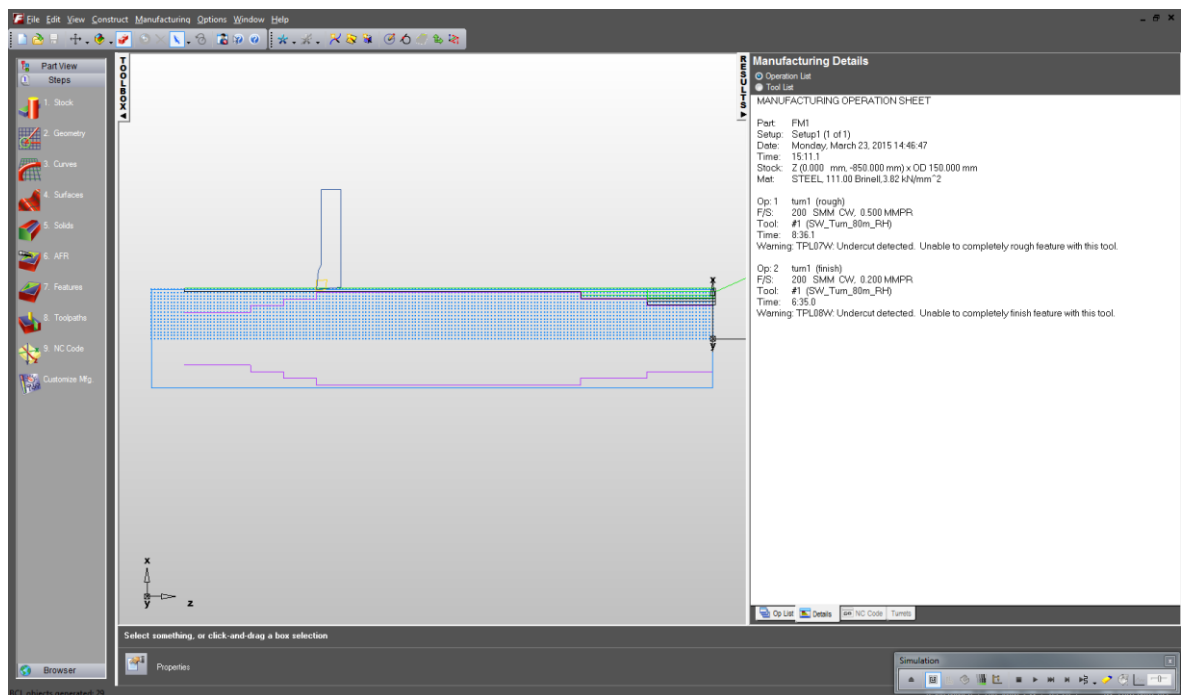
Lastuamissyvyys ilmoittaa, kuinka suuren määrän terä poistaa kappaleen pinnasta säteissuunnassa materiaalia työkierron aikana.

9 Laskurin ja CAM-simuloinnin vertailu

Koneistusaikalaskurin tuottamaa dataa oli vertailtava CAM-ohjelmistojen tuottaman simuloitun koneistusajan kanssa. CAM-simulaatiot suoritettiin Delcamin valmistamilla PowerMill- ja FeatureTurn-ohjelmistoilla. PowerMill on tarkoitettu jyrsinnän ja FeatureTurn sorvauksen työstöohjelmien tekoon. Molempien CAM-ohjelmistojen käyttöliittymät ovat esiteltynä kuvissa 8 ja 9.



Kuva 8. PowerMILL 3D-simulaatio kiilauran jyrinnästä



Kuva 9. FeatureTurn 2D-simulaatio rouhintatyökierrosta

9.1 Sorvaus

Tutkimus sorvausajan eroista suoritettiin kolmella eri akselilla. Tutkimuksessa ei otettu huomioon asetusaikoja. Sorvausohjelman tekemisessä FeatureTurn- ohjelmalla käytettiin sovelluksen omaa oletussorvausterää ja työstöarvoina Vesa Mustosen antamia työstöarvoja rouhintaan ja viimeistelyyn. Rouhinnassa leikkuunopeus on 200 m/min, syöttö 0,5 mm/kierros ja lastun paksuus 5 mm. Viimeistelyssä leikkuunopeus on 250 m/min, syöttö 0,2 mm/kierros ja lastun paksuus 1 mm. Jokaisesta akselista otettiin viimeisenä yksi viimeistelylastu. Koneistusaikalaskurissa käytettiin viimeistelylle kerrointa 1,1.

Taulukkoon 2 on koottu tiedot simulaatioissa käytetyistä akseleista. Jokaiseen vaakasarakkeeseen on kirjattu akselin jokaisen yksittäisen kaulan halkaisija ja pituus. Akseleiden tietokenttien yläpuolelle on kirjattu kyseisen akselin aihion halkaisija ja pituus millimetreinä.

Taulukko 2. Sorvauksen CAM-simulaation pöytäkirja

Akseli 1 Aihio: 150 800

d1	100	I1	100
d2	120	I2	100
d3	140	I3	400
d4	120	I4	50
d5	100	I5	50
d6	80	I6	100

Työstöaika

F. Turn: 15,15 min

Laskuri: 10,12 min

Akseli 2 Aihio: 250 800

d1	200	I1	100
d2	220	I2	100
d3	240	I3	400
d4	220	I4	50
d5	150	I5	50
d6	100	I6	100

Työstöaika

F. Turn: 26,5 min

Laskuri: 23,44 min

Akseli 3 Aihio: 100 530

d1	50	I1	80
d2	60	I2	50
d3	80	I3	300
d4	60	I4	50
d5	40	I5	50
d6		I6	

Työstöaika

F. Turn: 7,5 min

Laskuri: 4,73 min

Akseli 3:n sorvausajasta rouhintaan kului 4,5 min ja viimeistelyyn 3 min. Koneistusajan jakautumasta rouhinnan ja viimeistelyn kesken voidaan päätellä, että viimeistelyyn kuluva aika on koneistusaikalaskurissa liian pieni, mistä johtuu kokonaissorvausajan pienempi aika. Viimeistelykertoimen tulisi olla n. 1.5, jotta sorvausaika olisi todenmukaisempi. Tuloksesta voidaan myös havaita, että viimeistelykertoimen tulisi pienentyä akselin halkaisijan kasvaessa.

9.2 Jyrsintä

Tutkimus kiilauran jyrsintäajan eroista suoritettiin kolmella eri standardikoon kiilauralla. Kiilaura 1. on simulaatioissa tehty halkaisijaltaan 70 mm:n akseliin. Vastaavasti kiilaura 2. 160 mm:n akseliin ja kiilaura 3. 220 mm:n akseliin. Jyrsintäsimulaatioissa on käytetty Vesa Mustosen antamia rouhintajyrsinnän työstöarvoja: Leikkuunopeus 50 m/min, syöttö 0.1 mm/kierros, lastun paksuus 5 mm ja viimeistelyssä lastunpaksuus 1 mm. Simulaatiot suoritettiin 4-leikkuisella tappijyrsimellä ja jyrsimen halkaisija on ensimmäisen uran jyrsinnässä 16 mm, toisen ja kolmannen uran jyrsinnässä 32 mm. Jyrsinten halkaisijat ovat samat kuin Fortacolla on käytössä kyseisten urien jyrsintään.

Simulaatiot suoritettiin Delcamin valmistamalla PowerMill-ohjelmistolla. Työstöratojen ohjelmoinnissa käytettiin mahdollisimman yksinkertaisia ja suoria työstöratojen muotoja, jotta ne vastaisivat mahdollisimman paljon koneistusaikalaskurin tapaa laskea jyrsintäaikaa. Simulaation tulokset on koottu ja esitelty taulukossa 3.

Taulukko 3. Jyrsinnän CAM-simulaation pöytäkirja

Kiilaura1			
Aks. D	70		
W	20	L	200

	Työstöaika	
<i>P.Mill:</i>	14,33	min
<i>Laskuri:</i>	16	min

Kiilaura2			
Aks. D	160		
W	40	L	400

	Työstöaika	
<i>P.Mill:</i>	109	min
<i>Laskuri:</i>	144,7	min

Kiilaura2			
Aks. D	220		
W	50	L	500

	Työstöaika	
<i>P.Mill:</i>	187	min
<i>Laskuri:</i>	180,9	min

Simulaation tuloksista voidaan havaita, että laskuri laskee pienemmille kiilaurille suuremman työstöajan kuin CAM-ohjelma. Suuremman kiilauran tapauksessa työstöaika on lähellä CAM-simulaation tuottamaa arvoa. Työstöajat ovat laskurilla laskettuna vertailukelpoisia CAM-ohjelmiston tuottamaan työstöaikaan.

10 Laskurin laatimisen haasteet

Koneistusaikalaskurin suunnittelu aloitettiin kartoittamalla yrityksen vaatimukset laskurin toiminnasta. Laskurin tuli tuottaa todenmukaista dataa koneistusajasta, sen käyttö ei saanut olla liian monimutkaista ja sen käyttämiseksi ei saanut mennä liikaa aikaa. Lisäksi laskuria on kyettävä käyttämään sellaisen työntekijän työssä, joka ei ole perehtynyt syvemmin koneistustekniikkaan.

Koneistusajan simuloiminen pelkästään taulukkoon syötetyn datan perusteella tarkasti on vaikeaa. Taulukkopohjainen laskuri ei ota huomioon kiilauran jyrinnässä sellaisia työstöratojen muotoja, jotka ovat mahdollisimman optimaalisia työstöajan suhteen. Kuvitteelliset työstöradat on arvioitava oman koneistuskokemuksen perusteella ja niiden mukaan on laskettava työstöön kuluva aika. Pikaliikkeisiin kuluva aika on lisättävä koneistusaikaan joko pikaliikekertomella tai lisäämällä suoraan minuutteina. Arvioitu tieto koneistusprosessiin kuluva ajasta tuo virhettä lopputulokseen, mutta laskurin tavoitteena ei ollut korvata ja tuottaa niin tarkkaa tietoa, kuin CAM-simulaatio tuottaisi.

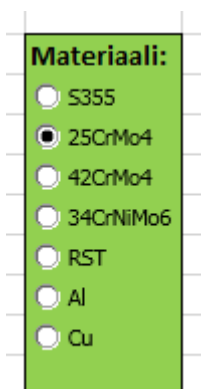
Excel- taulukkolaskentaohjelmalla laskurin tekeminen oli kaikkein yksinkertaisinta, mutta vastaan tuli sellaisia vaatimuksia, joiden ratkaisemiseksi ei koulun Excel-koulutus ole tarjonnut ratkaisua.

Excelin käyttöä voidaan laajentaa VBA-ohjelmien avulla. VBA-ohjelmointi mahdollistaa sellaisten komentojen suorittamisen, joihin tavalliset Excel-toiminnot eivät riitä. VBA-ohjelmointia voidaan käyttää myös Accessin, PowerPointin ja Wordin ohjelmointiin. VBA-ohjelmointitoiminnot on tavalliselta Excel-käyttäjältä piilotettu ja ne täytyy aktivoida Excelin asetuksista aktivoimalla developer- kehitystyökalut. VBA-ohjelmointikieli muistuttaa C-ohjelmointikieltä, mutta ei kuitenkaan ole sitä.

Kehitystyökalujen käyttöä ei kukaan ollut koskaan opettanut, joten ainoa tapa oli Google-hakukonetta käyttämällä etsiä ohjeita juuri niiden ongelmien ratkaisemiseksi, joita tässä työssä kohdattiin.

10.1 Option buttons

Option button -työkalu tarkoittaa valintaruutua, joka ei voi olla valittuna kuin yksi kerrallaan. Tällä työkalulla oli mahdollista tehdä materiaalin valintakenttä, jossa ei voi valita kuin yhden työstettävän materiaalin kerrallaan. Option button -työkalulla valitaan ohjattava solu, jonka arvo muuttuu numeerisesti valinnan mukaan. Kuvassa 10 on esiteltynä laskuriin tehty materiaalinvalitsin, jossa vain yksi materiaali voi olla valittuna kerrallaan.



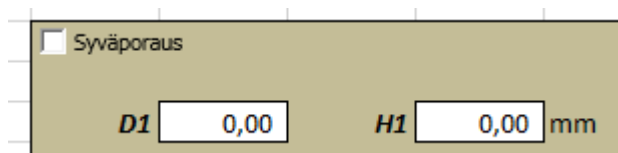
Materiaali:

- ☐ S355
- ☒ 25CrMo4
- ☐ 42CrMo4
- ☐ 34CrNiMo6
- ☐ RST
- ☐ Al
- ☐ Cu

Kuva 10. Option button -työkalulla tehty materiaalinvalitsin

10.2 Check boxes

Check box -työkalu on tarkoitettu valintaruudun luomiseen. Valintaruudut mahdollistavat yksittäisen solun ohjaamisen, jonka arvo vaihtelee "true" ja "false" välillä valinnan mukaan. Laskurissa valintaruutuja on käytetty kuvan 11 mukaisesti lisäkoneistusten ja hiotavien kaulojen valitsemiseksi mukaan koneistusajan laskentaan.



Kuva 11. Valintaruutu syväporauslaskurin aktivoimiseksi

10.3 Makrot

Makrot mahdollistavat Excelissä komentosarjojen ja useamman kuin yhden komennon samanaikaisen suorittamisen. Makroja voi kirjoittaa useita ja niitä voi sisällyttää toisiinsa. Makro voidaan luoda joko nauhoittamalla tai suoraan koodaamalla. Ohjelmointikielenä Excelissä käytetään kuvan 12 mukaista Microsoftin VBA-kieltä.

```
Sub Procedure2()  
Dim sh As Worksheet  
    For Each sh In Sheets  
        On Error Resume Next  
        sh.OptionButtons.Value = False  
        On Error GoTo 0  
    Next sh  
End Sub
```

Kuva 12. Vaihtoehtopainikkeiden nollausprosessi VBA-kielillä

10.4 Reset -nappi

Laskurin ollessa jatkuvasti tarjouslaskijan käytössä edellisen akselin tiedot jäävät helposti laskuriin aktiiviseksi ja häiritsevät uuden laskun tekemistä. Laskijan olisi tyhjennettävä kaikki tietokentät itse, mikä veisi paljon aikaa. Reset -nappi on tehty yhden painalluksen työkaluksi nollata koko laskuri.

Reset-nappia ei ole valmiina Kehitystyökaluissa, joten sen taustaprosessit on laadittava itse käyttäen hyväksi makroja ja VBA-ohjelmointia. Kuvissa 13 ja 14 on kokonaisuudessaan esitelty reset-napin toiminta VBA-kielellä.

```
Sub ResetAll()
Procedure1
Procedure2
Procedure3
End Sub
```

```
Sub Procedure1()
Range("H11,H13,H15,H16,H19") = 0
Range("E33,E35,E37,E39,E41,E43,E45,E47,E49,E51,E55,E57,E59,E61,E63,E65") = 0
Range("G33,G35,G37,G39,G41,G43,G45,G47,G49,G51,G55,G57,G59,G61,G63,G65") = 0
Range("L21,L23,L25,L39,L41,L43,L45,L47") = 0
Range("N39,N41,N43,N45,N47") = 0
Range("O21,O23") = 0
Range("S11,S13,S15,S17,S19,S21,S35,S37,S39,S41,S43") = 0
Range("U11,U13,U15,U17,U19,U21,U35,U37,U39,U41,U43") = 0
End Sub
```

Kuva 13. Reset -napin pääprosessi ja ensimmäinen alaprosessi

```
Sub Procedure2()
Dim sh As Worksheet
For Each sh In Sheets
On Error Resume Next
sh.OptionButtons.Value = False
On Error GoTo 0
Next sh
End Sub
```

```
Sub Procedure3()
Dim sh As Worksheet
For Each sh In Sheets
On Error Resume Next
sh.CheckBoxes.Value = False
On Error GoTo 0
Next sh
End Sub
```

Kuva 14. Reset -napin toinen ja kolmas alaprosessi

11 Laskurin jatkokehitys ja muut sovellukset

Laskurin laatimisen aikana on tullut esiin uusia sovellutusalueita vastaavalle laskurille. Fortaco Oy:llä on toive myös vastaavan jysintään käytettävän koneistusaikalaskurin laatimisesta. Petri Parni kertoi myös omasta visiostaan, jossa asiakkaan lähettämä CAD-kuva skannataan ja skannattu kuva syötetään suoraan laskuriin, joka laskee arvioidun työstöajan akselille, ja taulukkoon syötetään vain aihion tiedot. [Parni 2015.]

Tämän laskurin jatkokehitysehdotukseksi voisi laskuriin liittää myös laippojen koneistamisen. Jysinnän koneistusajan laskentaa voisi tarkentaa laatimalla simulaatiot kyseisillä työstöarvoilla taulukoitujen kiilaurien jysinnästä. Simulaatioita tutkimalla voisi laatia työstöradan kokonaispituudelle ehdot, joissa otetaan huomioon myös akselin suhteen poikittain kulkevat työstöliikkeet. Simulaatioista voisi laatia myös laskurin taustalle taulukon, josta laskuri voi laskea kiilauran leveyden mukaan poikittaislastujen pituudet ja määrät standardin mukaisille kiilaurille.

Vastaaville laskureille löytyisi käyttöä myös pelkästään hionta-ajan tarkkaan määrittämiseen. Tarkan hionta-ajan määrittämiseksi kyseisessä yrityksessä olisi suoritettava hionta-aikatutkimus kyseisen yrityksen hionta-kalustolla riittävän monella otannalla, jotta keskihionta-aika olisi riittävän tarkasti määritettävissä.

Valmis koneistusaikalaskuri on ollut Fortacon Sastamalan koneistamon tarjouslaskennan käytössä 24.2.2015 lähtien. Myyntijohtaja Petri Parnin mukaan laskurin käyttöönoton jälkeen tarjouslaskennan ja asiakaspalvelun toiminta on tehostunut merkittävästi, sillä tarjousten tekemiseen kuluu nyt paljon vähemmän aikaa. [Parni 2015.]

12 Yhteenveto

Tämä opinnäytetyö aloitettiin 24.11.2014. Aikatauluksi sovittiin Fortacon kanssa, että koneistusaikalaskurin tuli olla yrityksen käytössä 2015 helmikuun loppuun mennessä. Taavoitteeseen päästiin ja laskuri saatiin Sastamalan koneistamon käyttöön sovitun aikataulun mukaisesti.

Opinnäytetyöprosessia hidasti aluksi käynnissä ollut työssäoppimisjakso toisessa yrityksessä. Lisäksi haastetta lisäsi kohdeyrityksen etäisyys omaan asuinpaikkakuntaan nähdessä. Fortaco tarjosi majoitukset ja korvasi matkustuskulut, jotta etäisyydestä olisi mahdollisimman vähän haittaa.

Koneistusaikalaskuri on ollut Fortacon käytössä 24.2.2015 lähtien ja palaute on ollut vain positiivista. Koneistusaikalaskurin käyttöajalta Fortaco ei ole tuonut esille muutos- tai korjaustoiveita. Tarjouslaskennan ja asiakaspalvelun laatu on odotetusti parantunut ja tarjouslaskentaan kuluva aika pienentynyt.

Lähteet

This is Fortaco 2015. Verkkodokumentti. <<http://www.fortacogroup.com/company/this-is-fortaco.html>>. 10.3.2015. Luettu 10.3.2015.

Machining 2015. Verkkodokumentti. <<http://www.fortacogroup.com/products/machining.html>>. 10.3.2015. Luettu 10.3.2015.

Component 2015. Verkkodokumentti. <<http://www.fortacogroup.com/products/component.html>>. 10.3.2015. Luettu 10.3.2015.

Assembly 2015. Verkkodokumentti. <<http://www.fortacogroup.com/products/assembly.html>>. 10.3.2015. Luettu 10.3.2015.

Mustonen 2015. Mustonen, Vesa. 2015. Koneistaja, Fortaco Oy Sastamalan koneistamo. Haastattelu 11.2.2015.

Sandvik 2015. Verkkodokumentti. <http://www.sandvik.coromant.com/fi-fi/knowledge/general_turning/formulas-and-definitions/pages/default.aspx>. 11.3.2015. Luettu 11.3.2015.

Parni 2015. Parni, Petri. 2015. Myyntijohtaja, Fortaco Oy BU Machining. Haastattelu 11.2.2015.

Heikkilä 2015. Heikkilä, Petri. 2015. Tarjouslaskija, Fortaco Oy Sastamalan koneistamo. Haastattelu 11.2.2015.

Koneistusaikalaskurin käyttöliittymä

Koneistusaikalaskuri

Sivu 1: Täytettävät kentät
Sivu 2: Funktiot ja taulukot (muokattavat arvot merkitty)
Keltaisia ruutuja ei täytetä

Materiaali:

- ☒ 1305
- ☐ 250M4
- ☐ 400M4
- ☐ 340NM46
- ☐ RST
- ☐ AI
- ☐ Cu

Akselin tiedot (valmiin massa tiedossa) (luvun oltava > 0):

Aihion halkaisija: mm

Aihion pituus: mm

Valmiin massa (laskuri): kg

Valmiin massa (jos tiedossa): kg

Eriäkö: kpl

Työstäjä: kpl

Rouhinta: m/min

Asetus: mm/n

Asetus: mm

Asetus: min

Viimeistelykerroin: (1,05)

Sorvusaika: min

Massa/hionta-aikalaskuri (luvun oltava > 0):

D1	<input type="text" value="0,00"/>	L1	<input type="text" value="0,00"/> mm	<input type="checkbox"/> Hionta
D2	<input type="text" value="0,00"/>	L2	<input type="text" value="0,00"/> mm	<input type="checkbox"/> Hionta
D3	<input type="text" value="0,00"/>	L3	<input type="text" value="0,00"/> mm	<input type="checkbox"/> Hionta
D4	<input type="text" value="0,00"/>	L4	<input type="text" value="0,00"/> mm	<input type="checkbox"/> Hionta
D5	<input type="text" value="0,00"/>	L5	<input type="text" value="0,00"/> mm	<input type="checkbox"/> Hionta
D6	<input type="text" value="0,00"/>	L6	<input type="text" value="0,00"/> mm	<input type="checkbox"/> Hionta
D7	<input type="text" value="0,00"/>	L7	<input type="text" value="0,00"/> mm	<input type="checkbox"/> Hionta
D8	<input type="text" value="0,00"/>	L8	<input type="text" value="0,00"/> mm	<input type="checkbox"/> Hionta
D9	<input type="text" value="0,00"/>	L9	<input type="text" value="0,00"/> mm	<input type="checkbox"/> Hionta
D10	<input type="text" value="0,00"/>	L10	<input type="text" value="0,00"/> mm	<input type="checkbox"/> Hionta

Sidapaaliväli rajat:

D1	<input type="text" value="0,00"/>	L1	<input type="text" value="0,00"/> mm
D2	<input type="text" value="0,00"/>	L2	<input type="text" value="0,00"/> mm
D3	<input type="text" value="0,00"/>	L3	<input type="text" value="0,00"/> mm
D4	<input type="text" value="0,00"/>	L4	<input type="text" value="0,00"/> mm
D5	<input type="text" value="0,00"/>	L5	<input type="text" value="0,00"/> mm
D6	<input type="text" value="0,00"/>	L6	<input type="text" value="0,00"/> mm

Massa: kg

Hionta: min

Hiontaparametrit

Alkualetusaika: min

Loppualetusaika: min

Pistohionta-aika: min

Koko koneistusaika

Koneistusaika min + h

Kappaleen massan tiedot

Aihion massa kg

Poistettava massa kg

Päättyneet

Ihm kpl

Kierre (M)

D mm

Kierteen H mm

H mm

Vc U-pora (D<17,5) m/min

Vc kavam. (D<17,5) m/min

Fa U-pora (D<17,5) mm/kierr.

Fa kavam. (D<17,5) mm/kierr.

Vc kiertäyty m/min

Pikaliikekerroin min

Sylikorau

D1	<input type="text" value="0,00"/>	H1	<input type="text" value="0,00"/> mm
D2	<input type="text" value="0,00"/>	H2	<input type="text" value="0,00"/> mm
D3	<input type="text" value="0,00"/>	H3	<input type="text" value="0,00"/> mm
D4	<input type="text" value="0,00"/>	H4	<input type="text" value="0,00"/> mm
D5	<input type="text" value="0,00"/>	H5	<input type="text" value="0,00"/> mm

Vc m/min

Vf mm/min

Asetus: min

Koneistusaika: min

W3 **L1** mm = min

W2 **L2** mm = min

W3 **L3** mm = min

W4 **L4** mm = min

W5 **L5** mm = min

W6 **L6** mm = min

Työstäjä:

Ap mm

Vc m/min

Fa mm/kierr.

Koneistusaika: min

Säilytys

Massan poisto

D1	<input type="text" value="0"/>	L1	<input type="text" value="0"/> mm	<input type="text" value="0,00"/> kg
D2	<input type="text" value="0"/>	L2	<input type="text" value="0"/> mm	
D3	<input type="text" value="0"/>	L3	<input type="text" value="0"/> mm	
D4	<input type="text" value="0"/>	L4	<input type="text" value="0"/> mm	
D5	<input type="text" value="0"/>	L5	<input type="text" value="0"/> mm	

Vc m/min

Fa mm/n

Ap mm

Koneistusaika: min

Sandvik Coromant laskukaavat

Sorvaus

Lastuamisnopeus v_c (m/min)

$$v_c = \frac{D_m \times \pi \times n}{1000}$$

Lastuamisnopeus v_c (jalkaa/min)

$$v_c = \frac{D_m \times \pi \times n}{12}$$

Karanopeus n (kierr./min)

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times D_m}$$

Karanopeus n (kierr./min)

$$n = \frac{v_c \times 12}{\pi \times D_m}$$

Lastuvirta Q (cm³/min)

$$Q = v_c \times a_p \times f_n$$

Lastuvirta Q (tuuma³/min)

$$Q = v_c \times a_p \times f_n \times 12$$

Nettoteho P_c (kW)

$$P_c = \frac{v_c \times a_p \times f_n \times k_c}{60 \times 10^3}$$

Nettoteho P_c (hv)

$$P_c = \frac{v_c \times a_p \times f_n \times k_c}{33 \times 10^3}$$

Koneistusaika T_c (min)

$$T_c = \frac{l_m}{f_n \times n}$$

Symboli Nimitys/määritelmä

D_m	Koneistushalkaisija mm (tuumaa)
f_n	Syöttö/kierr.
a_p	Lastuamissyvyys
n	Karanopeus
P_c	Nettoteho
Q	Lastuvirta
h_m	Keskilastunpaksuus
h_{ex}	Maksimilastunpaksuus
T_c	Koneistusaika
l_m	Koneistuspituus
k_c	Ominaislastuamisvoima
KAPR	Asetuskulma
PSIR	Aetuslisäkulma

Yksikkö

mm (tuumaa)
mm/kierr. (tuumaa/kierr.)
mm (tuumaa)
kierr./min
kW (hv)
cm ³ /min (tuuma ³ /min)
mm (tuumaa)
mm (tuumaa)
min
mm (tuumaa)
N/mm ² (N/tuuma ²)
astetta
astetta

Jyrsintä

$$v_c = \frac{D_{cap} \times \pi \times n}{1000}$$

Lastuamisnopeus (v_c)
(m/min)

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times D_{cap}}$$

Karanopeus (n)
(kierr./min)

$$f_z = \frac{v_f}{n \times z_c}$$

Syöttö/terä (f_z)
(mm)

$$Q = \frac{a_p \times a_e \times v_f}{1000}$$

Lastuvirta (Q)
(cm³/min)

$$v_f = f_z \times n \times z_c$$

Pöytäsyöttö eli syöttönopeus (v_f)
(mm/min)

$$M_c = \frac{P_c \times 30 \times 10^3}{\pi \times n}$$

Vääntömomentti (M_c)
(Nm)

$$P_c = \frac{a_p \times a_e \times v_f \times k_c}{60 \times 10^6}$$

Tarvittava nettoteho
(P_c) (kW)

Parametri	Merkitys	Metrinen yks.
D_{cap}	Jyrsimen halkaisija tehollisessa lastuamissyvydessä a_p	mm
f_z	Syöttö/terä	mm
z_n	Jyrsimen terien kokonaislukumäärä	kpl
z_c	Tehollisten terien lukumäärä	kpl
v_f	Pöytäsyöttö	mm/min
f_n	Syöttö/kierr.	mm
a_p	Lastuamissyvyys	mm
v_c	Lastuamisnopeus	m/min
γ_0	Rintakulma	
a_e	Lastuamisleveys	mm
n	Karanopeus	kierr./min
P_c	Nettoteho	kW
M_c	Vääntömomentti	Nm
Q	Lastuvirta	cm ³ /min
h_m	Keskilastunpaksuus	mm
h_{ex}	Maksimilastunpaksuus	mm
K_r	Asetuskulma	astetta
D_m	Koneistushalkaisija (työkappaleen halkaisija)	mm
D_w	Koneistamaton halkaisija (työkappaleen halkaisija)	mm
v_{fm}	Pöytäsyöttö halkaisijalle D_m (koneistushalkaisija)	mm/min

Poraus

Lastuamisnopeus (v_c)
m/min (jalkaa/min)

$$v_c = \frac{D_c \times \pi \times n}{1000}$$

$$v_c = \frac{\pi \times D_c \times n}{12}$$

(ft/min)

Karanopeus (n)
kierr./min

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times D_c}$$

Kierrossyöttö (f_n)
mm/kierr. (tuumaa/kierr.)

$$f_n = \frac{v_f}{n}$$

Syöttönopeus (v_f)
mm/min (tuumaa/min)

$$v_f = f_n \times n$$

Lastuvirta (Q)
cm³/min (tuumaa³/min)

$$Q = \frac{D_c \times f_n \times v_c}{4}$$

$$Q = D_c \times f_n \times v_c \times 3$$

Koneistusaika (T_c)
min

$$T_c = \frac{l_m}{v_f}$$

Lastuvirta (Q)
cm³/min (tuumaa³/min)

$$Q = \frac{D_c \times f_n \times v_c}{4}$$

$$Q = D_c \times f_n \times v_c \times 3$$

Koneistus aika (T_c)
min

$$T_c = \frac{l_m}{v_f}$$

Tarvittava nettoteho (P_c)
kW (hv)

$$P_c = \frac{f_n \times v_c \times D_c \times k_c}{240 \times 10^3}$$

$$P_c = \frac{f_n \times v_c \times D_c \times k_c}{132 \times 10^3}$$

Vääntömomentti (M_c)
Nm (lbf ft)

$$M_c = \frac{P_c \times 30 \times 10^3}{\pi \times n}$$

$$M_c = \frac{P_c \times 16501}{\pi \times n}$$

Ominaislastuamisvoima (k_c)
Nm/mm² (lbf/tuumaa²)

$$k_c = k_{c1} \times (f_z \times \sin \kappa_r)^{m_c} \times \left(1 - \frac{\gamma_0}{100}\right)$$

Syöttövoima, k_c (F_f)
N

$$F_f \approx 0.5 \times k_c \times \frac{D_c}{2} \times f_n \times \sin \kappa_r$$

Täyskovametalliset porat:

$$f_z = f_n / 2$$

$$KAPR = 70^\circ$$

$$\gamma_0 = 30^\circ$$

Kääntöteräiset porat:

$$f_z = f_n$$

$$\gamma_0 = 15^\circ$$

CoroDrill 880

Halk. 12-13.99: KAPR = 79°

Halk. 14-63.5: KAPR = 88°

CoroDrill 881

KAPR: 74-84°

